



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offnungsschrift
DE 43 10 096 A 1

(51) Int. Cl.⁵:
G01 T 1/167
G 01 T 7/00
G 01 N 33/24
E 02 D 1/00

DE: 43 10 096 A 1

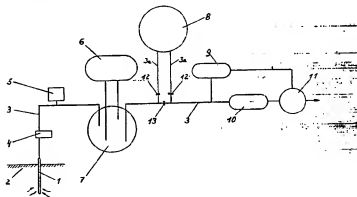
- (21) Aktenzeichen: P 43 10 096.1
 (22) Anmeldetag: 25. 3. 93
 (43) Offenlegungstag: 29. 9. 94

- (71) Anmelder:
Horn, Wolfgang, Dr.-Ing., 08301 Schlema, DE
- (74) Vertreter:
Böbel, G.: Röhnicke, H., Pat.-Anwälte, 10318 Berlin

- ⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

- ⑤④ Verfahren und Einrichtung zur Messung des Radongehaltes im Bodengas

- 57 Für die Messung des Radongehaltes im Bodengas, insbesondere für Baugrunduntersuchungen, ist es bekannt, aus einem Bohrloch, welches gegenüber der Außenluft abgedichtet wird, über ein Meßrohr mittels einer Saugpumpe das Bodengas anzusaugen und einer Meßstelle zum Messen von Radon zuzuführen. Das neue Verfahren und die Einrichtung sollen es ermöglichen, die Radonverfügbarkeit in einem möglichst großen Bodenvolumen im Erdboden unter unterschiedlichen Bedingungen zu ermitteln sowie den Einfluß von errichtenden Bauwerke zu bestimmen. Es wird ein Meßrohr in eine Bohrung von vorbestimmter Tiefe in das Erdreich eingebracht und das Bodengas abgesaugt, der Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt und dort der Radongehalt im Bodengas kontinuierlich gemessen und erfaßt, wobei gleichzeitig der durch die Saugpumpe erzeugte Unterdruck stufenlos geregelt und dabei auf vorbestimmte Werte eingestellt wird, wobei der Unterdruck sowie der gemessene Radongehalt in einem Meßprotokoll aufgezeichnet werden. Die Meßstelle ist so einstellbar, daß das Bodengas gesaugt werden kann, ohne daß das Meßrohr in das Bodengas eintaucht. Die Messung des Radongehaltes im Bodengas, die insbesondere bei Baugrunduntersuchungen aus dem Erdreich abgesaugt werden.



DE 43 10 096 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmeldeur eingereichten Unterlagen entnommen:

BUNDESDRUCKEREI 08. 94 408 039/501

14/34

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung des Radongehaltes im Bodengas, insbesondere für Baugrunduntersuchungen, wobei aus einem Bohrloch, welches gegenüber der Außenluft abgedichtet wird, über ein Meßrohr mittels einer Saugpumpe das Bodengas angesaugt und einer Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt wird.

Es sind verschiedene Verfahren und Einrichtungen zur Messung des Radongehaltes im Bodengas bekannt. Bei einem bekannten Verfahren wird auf die Erdoberfläche ein Behälter aufgestellt, in den von unten Radon eindiffundiert. Die pro Zeiteinheit zunehmende Radonkonzentration stellt einen Wert dar, der auf das Gebäude umgelegt wird. Aus Erfahrung vergleicht man Bodenexhalationswerte mit Radonkonzentrationen in Gebäuden. Es wird somit ein Wert gemessen, der den Zustrom von Radon pro Zeiteinheit aus dem Erdboden darstellt: $R_{\text{nech}} (Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$. Dieser Wert wird sehr stark beeinflusst von den Eigenschaften der obersten Bodenschichten. Gerade diese Schichten werden leichter durchfeuchtet, sie trocknen schneller aus, gefrieren eher, haben andere Bodenkennwerte, insbesondere in bezug auf den Hohlraumgehalt. Sie werden weiterhin schneller durch Auflasten verdichtet und unterscheiden sich auch durch andere Zusammensetzungen, beispielsweise durch den Gehalt an bindigen Stoffen. Der bei einer Exhalation gemessene Wert ist also immer stark beeinflussbar, und er muß mit Korrekturfaktoren angepaßt werden. Selbst für den Fall, daß er mit allen Bodenkorrekturfaktoren berichtigt wurde, ist er nicht direkt auf die Gebäude übertragbar. Dazu sind weitere Korrekturfaktoren mit Werten von in der Regel > 1 erforderlich.

Es ist weiterhin bekannt, den Radongehalt im Bodengas in bestimmten Tiefen zu messen. Hierzu ist ein Verfahren bekannt, bei dem mit einer Bodengas-Probenahme- und Permeabilitäts-Meß-Apparatur gearbeitet wird. Hierbei wird in das Erdreich ein Bohrloch mit einem Durchmesser von 7 cm und einer Tiefe von 50 cm eingebracht. Dieses Bohrloch wird durch eine aufblasbare Dichtung abgedichtet. In das Bohrloch ragt dabei ein Messingrohr mit einem Innendurchmesser von 12 mm herein, welches mit Gas-Eintritts-Löchern versehen ist. Durch dieses Rohr wird dann mittels einer Handpumpe Bodengas in einer bestimmten Menge (beispielsweise 1 l) angesaugt und über eine Meßleitung einer Meßstelle für Radon zugeführt. Diese Meßstelle besitzt einen Behälter (Lucas-Zelle mit 180 cm³). Daraus wird der Radongehalt des Bodengases bestimmt. Die Stärke des Nachströmens wird dabei zur Bewertung der Bodendurchlässigkeit benutzt. Es ist dabei auch die Messung von Thoron möglich, wodurch Rückschlüsse auf den Quellort gezogen werden können.

Bei diesem Verfahren ist es erforderlich, Bohrungen relativ großen Durchmessers ($\varnothing 70$ mm) in den Boden zu bringen. Die Bohrtiefe ist relativ gering. Es wird nur Luft aus dem unmittelbaren Raum erfaßt, und der Untergrund wird nur punktförmig bewertet. Weiterhin erfolgt keine kontinuierliche Messung. Für die Bauplanung von Gebäuden bestehen damit in bezug auf deren Gefährdung durch das Eindringen von Radon in diese große Unsicherheiten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung des Radongehaltes im Bodengas, insbesondere für Baugrunduntersuchungen, wobei aus einem Bohrloch, welches gegenüber

der Außenluft abgedichtet wird, über ein Meßrohr mittels einer Saugpumpe das Bodengas angesaugt und einer Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt wird, zu schaffen, wodurch es möglich ist, die Radonverfügbarkeit in einem möglichst großen Bodenvolumen im Erdboden unter unterschiedlichen Bedingungen zu ermitteln sowie ihren Einfluß auf die zu errichtenden Bauwerke zu bestimmen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Meßrohr in eine Bohrung von vorbestimmter Tiefe in das Erdreich eingedrückt wird und über das Meßrohr das Bodengas aus dieser Tiefe ständig abgesaugt, der Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt wird und dort der Radongehalt im Bodengas kontinuierlich gemessen und erfaßt wird, wobei gleichzeitig der durch die Saugpumpe erzeugte Unterdruck stufenlos geregelt und dabei auf vorbestimmte Werte eingestellt wird, wobei der Unterdruck sowie der sich dabei einstellende Volumenstrom des Bodengases getrennt gemessen und in einer Kennlinie erfaßt wird.

Für eine Bauplanung unter Berücksichtigung der Radonverfügbarkeit im Boden ist es dabei vorteilhaft, wenn die Regelung des Unterdrucks der Saugpumpe in Abhängigkeit von folgenden Faktoren

- Eintrittsbedingungen aus dem Erdreich in das Gebäude,
- Kräfte, die das Radon in das Gebäude hereinbringen,
- Einflußgrößen des Gebäudes

durchgeführt wird.

Dabei kann die Regelung des Unterdrucks der Saugpumpe vorzugsweise in einem Bereich von 1–20 Pascal durchgeführt werden, wobei dann insbesondere die Bedingungen, wie sie bei Wohngebäuden zutreffen, erfaßt werden.

Es ist zweckmäßig, daß der Radongehalt in dem Bodengas gleichzeitig durch Verlaufsmessungen mit an sich bekannten Radonmonitoren sowie durch Passivmeßgeräte, wie Elektretdetektoren, für entsprechende Zeitabschnitte bestimmt wird.

Dabei wird auch vorzugsweise das Radon-Thoron-Verhältnis zur Ermittlung der Radonquelle bestimmt.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß durch Umkehrung der Fließrichtung über die Pumpe Außenluft über das Meßrohr in das zu untersuchende Erdreich zur Bestimmung des Luftflusses in Abhängigkeit von dem Druck der Pumpe in diesem gedrückt wird.

In weiterer Ausbildung der Erfindung umfasst diese eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei ein Meßrohr über eine Meßleitung, welche als eine Saugleitung ausgebildet ist, mit einer stufenlos regelbaren Saugpumpe verbunden ist, und die Saugpumpe über ein Druckmeßgerät einstellbar ist sowie dieser ein Luftstrommeßgerät vorgeschaltet ist, wobei zwischen dem Meßrohr und der Saugpumpe die Meßstelle zum Messen von Radon angeordnet ist.

Vorzugsweise besteht die Meßstelle zum Messen von Radon aus einem Passivmeßgerät zur Erzielung integrierender Meßwerte für entsprechende Zeitabschnitte, einem Radonmonitor, dem ein Puffer vorschaltbar ist, für Verlaufsmessungen sowie einem Puffer zur Ermittlung des Radon-Thoron-Verhältnisses.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn das Passivmeßgerät als ein in einer Kammer angeordneter Elektretdetektor ausgebildet ist, wobei die Kammer innerhalb der Meßleitung angeordnet ist. Die Meßleitung kann als eine

weitgehend radondichte Schlauchleitung ausgebildet sein, wobei vorzugsweise vor der Meßstelle zum Messen von Radon eine Feuchtigkeitsfalle angeordnet ist.

Die erfindungsgemäße Lösung umfaßt weiterhin ein Meßrohr, daß einen Rohrmantel aufweist, der horizontal zu einem entlang seiner Längsachse sich erstreckenden Stab angeordnet ist, wobei zwischen dem Rohrmantel und dem Stab ein ringförmiger Hohlraum ausgebildet ist und der Rohrmantel an seinem oberen Ende mit einem luftdichten Abschluß versehen und an seinem unteren Ende offen ist, wobei der Stab durch den oberen Abschluß abdichtend geführt und an seinem unteren Ende ein Verschlüsselement für das untere offene Ende des Rohrmantels aufweist und der Rohrmantel sowie der Stab in Längsrichtung gegeneinander verschiebbar sind, wobei zwischen dem unteren Ende des Rohrmantels und dem Verschlüsselement des Stabes eine Öffnung ausbildbar ist, während im oberen Bereich des Rohrmantels ein Anschluß für eine Meßleitung vorgesehen ist. Dabei kann das Verschlüsselement am unteren Ende des Stabes als eine Spitze ausgebildet sein.

Vorzugsweise sind der Stab und der Rohrmantel durch eine Klemmvorrichtung in ihrer Lage zueinander fixierbar. Das obere Ende des Stabes kann als ein Kopfteil ausgebildet sein, welches das Verschieben des Stabes relativ zum Rohrmantel in Längsrichtung begrenzt. Zur Ermittlung der Bodentemperatur und Prüfung der Abdichtung des Meßrohres ist es vorteilhaft, wenn in dem ringförmigen Hohlraum des Meßrohres ein Temperaturfühler angeordnet ist, der mit einem Temperaturmeßgerät außerhalb des Meßrohres verbunden ist.

An der Außenfläche des Rohrmantels können Abdichtungen gegenüber einem Bohrloch, in dem das Meßrohr eingesetzt ist, angeordnet sein. Vorteilhafterweise kann eine derartige Abdichtung als im unteren Bereich des Rohrmantels angeordnete, verdrehbare exzentrische Halbscheiben ausgebildet sein.

Um bei kurzen Transportlängen des Meßrohres auch in größeren Tiefen Messungen durchführen zu können, ist es zweckmäßig, wenn der Rohrmantel sowie der Stab aus mehreren in Längsrichtung zusammensetzbaren Teilen bestehen.

Die Erfindung wird an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 die Einrichtung zur Messung des Radongehaltes im Bodengas im schematischer Darstellung

Fig. 2 die Vorderansicht eines Meßrohres im Schnitt

Fig. 3 die Vorderansicht der Abdichtung eines Meßrohres in einer Baustoffdecke im Schnitt

Fig. 4 die Vorderansicht der Abdichtung eines Meßrohres in einer Bodenschicht im Schnitt

Fig. 5 die Vorderansicht einer Kammer mit einem Elektretdetektor im Schnitt.

Die Radongefährdung G (—) bzw. die Radonkonzentration C (Bq/m^3) eines Gebäudes hängt von folgenden Faktoren ab:

1. Die Radonverfügbarkeit V im Boden

Die Verfügbarkeit V wird z. B. beeinflusst von:

- a) Radium- bzw. Radonkonzentration
- b) Porenraum und damit Durchlässigkeit des Bodens
- c) Feuchtigkeit und Temperatur des Bodens

Die Verfügbarkeit ist naturgegeben und standortabhängig. Sie ist unbekannt und muß deshalb ermittelt

werden.

2. Die Eintrittsbedingungen E aus dem Erdreich in die Gebäude

Die Eintrittsbedingungen E werden beeinflusst durch:

- a) Diffusionswiderstand der angrenzenden Baumaterialien
- b) Leckagen für die Konvektion radonhaltiger Luft in das Gebäude

Die Trennebene (Schnittstelle) zwischen Baugrund und Gebäude mit seinen Materialeigenschaften, Tiefenlage bzw. Ausführungsbedingungen ist aufgrund von Projektierungsunterlagen bekannt bzw. einschätzbar.

3. Die Kräfte K , die das Radon in das Gebäude hereinbringen

Die resultierende Kraft K wird beispielsweise beeinflusst durch:

- a) Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenluft
- b) Winddruck auf das Gebäude
- c) Unterdruckerzeuger (beispielsweise Lüfter)

Die Teilkräfte können ebenfalls als bekannt angenommen werden. Wirksam wird also ein Unterdruck, der sich aus verschiedenen großen Teildrücken zusammensetzt und der nicht konstant ist. Die Größe des Unterdrucks liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 5—20 Pascal.

4. Die Einflußgrößen F des Gebäudes

Sie beeinflussen die Radonkonzentration im Gebäude. Dazu gehören:

- a) Gebäudeeigenschaften (beispielsweise hoher Geschosßbau oder Flachbau)
- b) Standortbedingungen (beispielsweise auf Berg- rücken oder in Tallage, geschützt oder freistehend)
- c) Art und Dauer der Nutzung des Gebäudes (beispielsweise Wohnhaus, Kinderkrippe, Industriebau, wie Lagerhalle)
- d) Bauweise (beispielsweise neu und dicht oder alt und undicht, Gründungstiefe beziehungsweise Gründungsart)

Aus diesen Faktoren ergibt sich im Gebäude eine Radonkonzentration von

$$C = f(V, E, K, F) (\text{Bq}/\text{m}^3)$$

Wenn diese größer ist als die zulässige Radonbelastung $R_{\text{zul}} = 250 \text{ Bq}/\text{m}^3$, so sind Schutzmaßnahmen erforderlich.

Aus dem Vergleich mit diesem Wert ergibt sich niedrige Radonbelastung $R < 250 \text{ Bq}/\text{m}^3$ mittlere Radonbelastung $R \geq 250 - 1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ hohe Radonbelastung $R > 1000 - 10000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ extreme Radonbelastung $R > 10000 \text{ Bq}/\text{m}^3$

als Wert der Radonkonzentration c in einem Gebäude.

Die Radongefährdung G ergibt sich als Quotient zwischen der Radonbelastung R und der zulässigen Radonbelastung R_{zul} :

$$G = R/R_{\text{zul}} (-)$$

Diese Werte entsprechen:

niedrige Radongefährdung $G < 1$
mittlere Radongefährdung $G \geq 1 - 4$
hohe Radongefährdung $G > 4 - 40$
extreme Radongefährdung $G > 40$

Für den Fall einer Radonkonzentration $\geq 250 \text{ Bq/m}^3$ in einem Gebäude beziehungsweise einer Radongefährdung $G \geq 1$ sind Schutzmaßnahmen erforderlich. Diese Maßnahmen können sehr unterschiedlich sein, beispielsweise in Form einer luftführenden Zwischenschicht mit einem Differenzdruck zum Umgebungsdruck in der Zwischenschicht zwischen Baugrund und Gebäude, wobei diese Zwischenschicht durch eine Noppenfolie aus Plaste gebildet wird. Diese Schutzmaßnahmen beeinflussen im wesentlichen die Eintrittsbedingungen E aus dem Erdreich in das Gebäude und ergeben einen Widerstand W. Durch diesen wird erreicht, daß die Radonkonzentration $C < 250 \text{ Bq/m}^3$ bzw. die Radongefährdung $G < 1$ wird, d. h. die verringerte Radonbelastung $R_{\text{red}} = W \cdot R < 250 \text{ Bq/m}^3$ beziehungsweise die sich einstellende Radongefährdung $G_{\text{red}} = G \cdot R < 1 (-)$.

Für eine effektive Bauplanung in radonbelasteten Gebieten ist es erforderlich, die Radonverfügbarkeit V im Baugrund zu bestimmen. Dazu ist es erforderlich, die Einflüsse auf diesen zu ermittelnden Wert zu kennen und bei der Messung zu berücksichtigen.

Es ist dabei der von den Einflüssen oberhalb des Erdbodens nahezu unveränderte Radongehalt R^* des Bodengases zu messen. Es wird davon ausgegangen, daß sich bei einer Tiefe von 2 m eine Konzentration R^* einstellt, ohne daß Radon nach oben zur Erdoberfläche merklich wegdiffundiert und somit die Konzentration geringer ist. Diese Sättigung stellt sich weitestgehend auch dann ein, wenn der Baukörper flach auf der Erdoberfläche gegründet wurde und seine Bodenfläche einen gewissen oberen Verschluss darstellt, unter dem sich das Radon aufkonzentriert.

Es ist in der Tiefe T^* zu messen, in der die Gründungsohle liegt. Dazu ist es erforderlich, in beliebiger Gründungstiefe zu messen, also auch in einer Tiefe von mehr als 2 m. Dort befinden sich die Bodenarten, die mit ihren Eigenschaften das Nachströmen der radonhaltigen Luft unmittelbar in der Gründungsohle beeinflussen.

Dabei sind aber auch flachere Bodenschichten zu erfassen, insbesondere wenn in diesen Aufschüttungen mit unrahmigem Gestein oder Schlacke verfüllt wurde, wie in Gebieten des Uranerzbergbaus.

Bei der Messung des Radongehaltes im Bodogas entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren sind die Bedingungen aufzuprägen, die mit den Gebäudeparametern und seiner Nutzung verbunden sind.

Die Messung erfolgt bei einem Unterdruck von möglichst der Größe, wie er durch die vorstehend genannten Faktoren bestimmt wird. Der Unterdruck kann variabel gestaltet werden, um die entsprechend den jahreszeitlichen Bedingungen auftretenden Unterschiede zu berücksichtigen. Dabei können größere Sogwerte benutzt werden, um den Meßprozeß zu beschleunigen.

Die Messungen selbst müssen zeitlich uneingeschränkt und variabel sein. Dieses umfaßt sowohl kurzzeitige Istwerte als auch unbegrenzt lange Meßverläufe. Weiterhin wurden Verlaufsdarstellungen bzw. Integrationsmessungen als Durchschnittswerte erfaßt.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist es erforder-

lich, neben der Radonmessung ständig und unverfälscht andere Meßwerte mit zu ermöglichen. Dazu gehören als Kennwerte Thoron, Temperatur, Feuchtigkeit, Volumenströme.

In Fig. 1 ist die Einrichtung zur Messung des Radongehaltes zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt. Hierbei ist ein Meßrohr 1, welches nachstehend anhand der Fig. 2 näher beschrieben ist, in das Erdreich 2 in eine vorbestimmte Tiefe, wie vorstehend beschrieben, eingebracht. Dieses Meßrohr 1 ist über eine Meßleitung 3 mit einem Puffer 7 für das radonhaltige Bodogas verbunden. Dabei ist in der Meßleitung 3 eine Feuchtigkeitss Falle 4 angeordnet. Diese dient dazu, die mit dem Bodogas aus dem Bohrloch austretende Feuchtigkeit aufzufangen. Es ist auch möglich, die anfallende Feuchtigkeitmenge zu messen. Dieses ist besonders wichtig bei einer kälteren Außentemperatur gegenüber der Temperatur im Erdreich 2.

Weiterhin ist an der Meßleitung 3 ein Passivmeßgerät, vorzugsweise in Form eines Elektretdetektors 5, zur Erzielung integrierender Meßwerte für entsprechende Zeitabschnitte angeordnet. Mit der nachstehend dargestellten Anordnung ist es möglich, auswertbare Werte bereits ab wenigen Minuten zu erhalten. In Fig. 5 ist die Anordnung eines Elektretdetektors 5 in der Meßleitung 3 gezeigt. Dieser ist dabei in einer Kammer 29 angeordnet, welche über Anschlüsse 26 direkt in der Meßleitung 3 angeordnet ist. Der Elektretdetektor 5 weist eine Elektretfolienaufnahme 28 auf. Durch diese Anordnung sind die E-Perm-Elektrets so verändert, daß sie gegenüber ihrer bisherigen Nutzung und Gestaltung das radonhaltige Bodogas durch den Einbau in der Kammer 29 direkt an ihrer Diffusionsstelle vorbeigeführt bekommen. In einer nicht dargestellten Ausführungsform ist auch eine Anordnung über einen kurzen Stutzen an der Diffusionsstelle in der Meßleitung 3 möglich.

Dem Puffer 7 für das radonhaltige Bodogas ist für Verlaufsmessungen ein handelsüblicher Radonmonitor 6 zugeordnet. Durch den Puffer 7 werden auch bei hohen Radonkonzentrationen C über 100 kBq/m^3 geeignete Meßwerte erhalten. Der Puffer 7 enthält zu Meßbeginn saubere Atmosphärenluft. Dadurch läßt sich bei Meßbeginn ein verzögerter Anstieg aufzeichnen. Dieser ist gleichzeitig ein Maßstab über den Luftfluß, wenn die einzelnen Geräteparameter bekannt sind. Es ist natürlich auch möglich, einen Radonmonitor 6 ohne Meßbereichsbegrenzung einzusetzen. Dazu ist kein Puffer 7 erforderlich. Durch den Einsatz des Puffers 7 wird jedoch erreicht, daß auch Radonmonitore 6 mit einem begrenzten Meßbereich verwendet werden können. Wenn ein Radonmonitor 6 mit Saugwirkung verwendet wird, so sind sie so in die Flierichtung des Bodengases einzubinden, daß sie keinen zusätzlichen Sog hervorrufen (Kreislaufprinzip).

Mit der Meßleitung 3 ist weiterhin ein Puffer 8 über Meßleitungen 3a verbunden, in dem Thoron gemessen wird, wenn die Bodenluft entsprechend der Thoronhalbwertszeit lange genug verweilt. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Halbwertszeit von Radon 222 (Radon) 3,82 Tage und von Radon 220 (Thoron) 56 sec beträgt.

Bei einer Verweilzeit des Bodengases von 5 — 10 min in dem Puffer 8 kann damit eine Aussage zum Radon-Thoron-Verhältnis und somit ein Hinweis zum Abstand der Radonquelle gemacht werden. Dieses ist besonders wichtig, wenn ein Bauvorhaben in Abbaugruben von Uranerz geplant ist. In diesen Gebieten ist immer mit der Verfüllung von radioaktiven Abfallmaterialien, bei-

spielsweise auch radioaktiven Steinkohlenschlacken, zu rechnen.

Um das Thoron zu messen, sind in den Meßleitungen 3a von und zum Puffer 8 Ventile 12 angeordnet, welche nach dem Füllen des Puffers 8 geschlossen werden. In der Meßleitung 3 befindet sich zwischen den Meßleitungen 3a ein Ventil 13, welches geschlossen wird, um das Bodengas dann über die Meßleitungen 3a und durch den Puffer 8 zu leiten.

Die Einrichtung weist weiterhin eine kleine, stufenlos einstellbare Saugpumpe 11 auf. Dabei wird der Unterdruck mit einem feinfühligem Druckmeßgerät 9 und gleichzeitig der sich einstellende Gasvolumenstrom mit einem Luftstrommeßgerät 10 gemessen.

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren wird über das Meßrohr 1 aus vorbestimmten Bodentiefen und vorbestimmten Bodenstellen das Bodengas durch die Saugpumpe 12 über die Meßleitungen 3; 3a, welche insofern Saugleitungen sind, abgesaugt und zu den Meßstellen zur Bestimmung des Radongehaltes in dem Bodengas geführt. Diese Meßstellen sind, wie bereits dargelegt,

- ein Passivmeßgerät zur Erzielung integrierender Meßwerte für entsprechende Zeitabschnitte, insbesondere ein Elektretdetektor 5,
- ein Radonmonitor 6, dem der Puffer 7 vorgeschaltet werden kann für Verlaufsmessungen,
- ein Puffer 8 für Thoron zur Ermittlung des Radon-Thoron-Verhältnisses und damit die Erzielung von Hinweisen zum Abstand der Radonquelle.

Wesentlich ist für das erfindungsgemäße Verfahren aber, daß verschiedene Sogstärken einstellbar sind, wobei bei diesem verschiedene Volumenströme entstehen und sich damit eine Kennlinie für Druckdifferenzen aufstellen läßt.

Mit der Kenntnis bzw. der Annahme der Eintrittsbedingungen E aus dem Erdreich 2 in ein Gebäude, wie von Leckageflächen, und bei Kenntnis der Volumenströme entsprechend den Druckdifferenzen in einem Gebäude kann durch das erfindungsgemäße Verfahren darauf geschlossen werden, welche Radonkonzentration C im Gebäude entstehen wird. Damit kann der Widerstand W, d. h. der Einbau entsprechender Schutzschichten, bereits in der Planung vorbereitet werden. Weiterhin entfällt die Berechnung über Permeabilitäts- bzw. andere Kennwerte des Bodens.

Neben der Möglichkeit, die Luftmenge zu ermitteln, die beim Sog aus dem Boden kommt, kann umgedreht auch Luft in den Boden hineingedrückt werden. Damit kehrt sich lediglich die Fließrichtung um. Mit den Parametern Luftdruck und Volumenströme läßt sich bei geräteinternen Druckabfallbedingungen und der Austrittsfläche die Abströmmenge ermitteln. Damit ergibt sich eine Ergänzung mit vereinfachter Einrichtung zum Messen des Luftflusses im Boden, was leicht an verschiedenen Stellen vorgenommen werden kann.

Eine unterschiedliche Gerätekonfiguration erlaubt z. B. folgende Varianten:

1. volles Meßprogramm mit allen Geräteteilen und allen Meßwerten,
2. nur passives Messen der Radonkonzentration in verschiedenen Tiefen (schrittweise Bohren und Hinabführen des Meßrohres in den Boden),
3. nur Messung von Volumenströmen mit umgedrehter Fließrichtung der Luft,

4. Kombination von 2. und 3. als optimierte Minimalvariante,
5. langzeitliche Verlaufsmessungen zur Untersuchung von Veränderungen der Bodeneigenschaften (Niederschläge, veränderlicher Grundwasserspiegel, Frost usw.).

Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Feldbedingungen ohne Großgeräte und mit nur geringem Aufwand. Die gesamte Einrichtung kann mit einem PKW, insbesondere auch einem geländegängigen Kleinfahrzeug, transportiert und dort ebenfalls entsprechend aufgebaut werden. Es ist möglich, an sich bekannte Meßgeräte unverändert bzw. in modifizierter Form einzusetzen.

In den Fig. 2 bis 4 ist das zum Einsatz kommende Meßrohr 1 dargestellt. Dessen Ausbildung und Anwendung ist sehr wichtig für eine erfolgreiche Messung von radonhaltigen Bodengasen im Baugrund. Zur Vorbereitung des Einbringens des Meßrohres 1 in den Boden wird in diesen ein Loch gebohrt. Bei dem Einbringen kann dabei anhand des Bohrverlaufes festgestellt werden, wie der Boden geschichtet ist. Durch das Vorbereiten eines Bohrloches, wozu vielfach eine Handbohrmaschine ausreicht, können auch härtere Schichten bis zu Fels durchdrungen werden.

Für das Meßrohr 1 ist ein relativ kleiner Durchmesser von nur etwa 16–25 mm erforderlich. Die Bohrung weist etwa den gleichen Durchmesser auf.

Bei größeren Tiefen ist es vorteilhaft, wenn die Bohrung im Erdreich 2 im oberen Teil geringfügig (eventuell 1–2 mm) größer ist. Im unteren Teil sind beide Durchmesser gleich. Dadurch ergibt sich ein größerer Reibungswiderstand. Damit wird aber gleichzeitig eine Abdichtung gegen das Eindringen von Außenluft in das Bohrloch erreicht. In Fig. 1 ist der Aufbau des Meßrohres 1 dargestellt. Das Meßrohr 1 weist einen Rohrmantel 25 auf, der horizontal zu einem entlang seiner Längsachse sich erstreckenden Stab 14 angeordnet ist. Zwischen dem Stab 14 und dem Rohrmantel 25 ist ein ringförmiger Hohlraum 16 ausgebildet. An seinem oberen Ende ist der Rohrmantel 25 mit einem luftdichten Abschluß 19 versehen. In diesem Abschluß 19 ist der Stab 14 geführt, wobei diese Führung ebenfalls gegen einen Luftdurchfluß in an sich bekannter Weise abgedichtet ist. Der Stab 14 besitzt ein Kopfteil 18. Mit Hilfe dieses Kopfteiles 18 kann das Meßrohr 1 in die Bohrung im Erdreich 2 gedrückt oder auch eingeschlagen werden. Am unteren Ende weist der Stab 14 eine Spitze 15 auf, deren äußerer Durchmesser annähernd dem Durchmesser des Rohrmantels 25 entspricht. Durch die Spitze 15 wird das Eindringen des Meßrohres 1 in das Erdreich erleichtert. Es besteht auch die Möglichkeit, das Meßrohr 1 in das Erdreich 2 zu schlagen. Dieses sollte jedoch grundsätzlich nicht erfolgen, da das Erdreich 2 dann seitlich verdichtet und die Meßergebnisse verfälscht werden können. Die untere Seite des Rohrmantels 25 ist offen und wird durch die Spitze 15 des Stabes 14 verschlossen, welche damit als ein Verschlüsselement ausgebildet ist.

Der Stab 14 ist länger als der Rohrmantel 25 mit seinem oberen Abschluß 19. Durch ein Verschieben des Stabes 14 und des Rohrmantels 25 gegeneinander in Längsrichtung entsteht zwischen dem unteren Ende des Rohrmantels 25 sowie der Spitze 15 eine Öffnung 17. Über eine Klemmvorrichtung 20 sind der Stab 14 sowie der Rohrmantel 25 in ihrer Lage zueinander fixierbar.

Die Klemmvorrichtung 20 kann, wie in Fig. 2 dargestellt, als eine kurz unterhalb des Abschlusses 19 angeordnete Klemmschraube ausgebildet sein. In dem oberen Teil des Rohrmantels 25 ist ein Anschluß 21 für die Meßleitung 3 vorgesehen. Diese Meßleitung 3 ist zweckmäßigerweise als eine Schlauchleitung ausgebildet, und der Anschluß 21 ist ein Schlauchnippel. Dabei ist ein radondichtes Material für die Schlauchleitung zu verwenden.

Weiterhin kann im Meßrohr 1 ein Temperaturfühler 22 vorgesehen sein. Dieser ist zweckmäßigerweise über eine abgedichtete Öffnung im Rohrmantel 25 mit einem Temperaturmeßgerät verbunden.

In nicht dargestellter Weise können im Bereich des unteren Endes des Rohrmantels 25 Mittel vorgesehen sein, die das Meßrohr 1 gegen die Bohrung im Erdreich 2 abdichten. So ist es beispielsweise möglich, zwei exzentrische Halbscheiben vorzusehen, welche um 1—2 mm herausdrehbar sind und sich dichtend an die Wandung der Bohrung anlegen. Es ist auch möglich, an ihrem unteren Ende angesetzte Dichtelemente aus dem Rohrmantel 25 herauszuklappen, welche bei einem geringen Hochziehen des Meßrohres 1 an die Wandung der Bohrung dichtend anliegen. Das Meßrohr 1 besteht vorzugsweise aus Edelstahl. Zur Abdichtung der Bohrung gegen das Eindringen von Außenluft bzw. das Austreten von Bodengasen zwischen der Wand der Bohrung und dem Rohrmantel 25 können anstatt der Dichtungen im unteren Bereich oder auch gleichzeitig Dichtungen im oberen Bereich des Meßrohres 1 vorgesehen sein. Entsprechende Ausführungsformen sind in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellt. In Fig. 3 ist eine Abdichtung 23 gegenüber einer Baustoffdecke 24, beispielsweise aus Beton oder Asphalt, dargestellt. Die Abdichtung 23 erfolgt dabei vorzugsweise durch eine Silikonmasse, welche in eine größere Öffnung in die Baustoffdecke 24 eingebracht wird und dichtend an den Rohrmantel 25 anliegt.

In Fig. 4 ist eine Abdichtung 23 unmittelbar im Erdreich 2 vorgesehen. Diese Abdichtung 23 besteht aus einem Metallring, der fest an dem Rohrmantel 25 anliegt und die Bohrung abdichtet. Diese Abdichtung 23 kann so fest mit dem Meßrohr 1 verbunden sein, daß durch Untertreten der Abdichtung 23 das Meßrohr 1 aus dem Erdreich herausgehoben werden kann. Es ist auch möglich, für diese Abdichtung 23 einen Kunststoff einzusetzen.

Wie aus den Fig. 3 und Fig. 4 hervorgeht, wird der Hohlraum 16 des Meßrohres 1 mit dem darin angeordneten Stab 14 durch die Abdichtung 23 nicht beeinflusst.

Das Meßrohr 1 kann aus mehreren Teilen des Rohrmantels 25 sowie des Stabes 14 bestehen, die vor Ort zusammengesetzt werden. Damit ist es möglich, mit dem Meßrohr 1 auch in jede gewünschte Tiefe bei der Baugrunduntersuchung einzudringen. Eine bevorzugte Tiefe liegt bei 2 m. Es kann aber auch in größerer oder geringerer Tiefe eingesetzt werden.

Zur Durchführung des Verfahrens wird das Meßrohr 1 in eine vorbereitete Bohrung in das Erdreich 2 eingeführt. Während des Einführens ist das untere Ende des Rohrmantels 25 durch die Spitze 15 des Stabes 14 verschlossen. Beim Einführen können der Rohrmantel 25 und der Stab 14 durch Aufsetzen von Teilen verlängert werden. Hat das Meßrohr die gewünschte Tiefe erreicht, wird es durch das Einsetzen der Spitze 17 in das Erdreich 2 in seiner Lage fixiert. Die Klemmvorrichtung 20 wird gelöst und der Rohrmantel 25, vorzugsweise um 2 cm — 5 cm, nach oben gezogen. Das Meßrohr 1 wird

gegen ein Eindringen von Außenluft abgedichtet. Es erfolgt die Prüfung auf Dichtheit, indem an dem Anschluß 21 ein Unterdruck angelegt wird. Eine weitere Möglichkeit der Prüfung auf Dichtheit besteht darin, über den Temperaturfühler 22 die Innentemperatur im Hohlraum 16 zu messen. Damit ist jede Temperaturänderung feststellbar. Bei einer Undichtheit geht der Temperaturverlauf in Richtung Außenluftwert, wenn dieser sich von der des Erdreiches 2 ausreichend unterscheidet. Bei noch bestehenden Undichtheiten ist es notwendig, das Meßrohr 1 abzudichten, um das Meßergebnis nicht zu verfälschen.

Nachdem diese Arbeiten erfolgt sind, wird das in den Hohlraum 16 aus dem Erdreich 2 einfließende Bodengas über die Meßleitung 3, welche eine Saugleitung bildet, abgesaugt und den Meßstellen zugeführt. Es besteht auch die Möglichkeit, über das Meßrohr 1 Luft in das Erdreich 2 zu drücken. Diese Methode wird angewandt, um die Gaspermeabilität des Erdreiches 2 zu bestimmen.

Über das Meßrohr 1 ist es möglich, sowohl Kurzzeit- als auch Langzeitmessungen des Bodengases zu realisieren. Durch ein stufenweises Tieferbohren kann dabei der Zufluß von Bodengas aus unterschiedlichen Tiefen an der gleichen Meßstelle ermittelt werden.

Beim Abfluß von Bodengas zu den Meßstellen ist das Meßrohr 1 zur Ermittlung des Radongehaltes im Bodengas umfassend einsetzbar.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie der Einrichtung zur Durchführung desselben ist eine kostengünstige Ermittlung von Radon im Bodengas und davon ausgehend deren Einfluß auf die Innenräume von auf dem untersuchten Baugrund zu errichtenden Gebäuden möglich. Damit kann bereits in der Planung ein entsprechender Widerstand W in die Grundfläche des Gebäudes berücksichtigt werden.

Weiterhin kann auch entschieden werden, welche Gebäude an welchen Stellen, besonders in radonbelasteten Gebieten, errichtet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Radongehaltes im Boden, insbesondere für Baugrunduntersuchungen, wobei aus einem Bohrloch, welches gegenüber der Außenluft abgedichtet wird, über ein Meßrohr mittels einer Saugpumpe das Bodengas abgesaugt und einer Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßrohr (1) in eine Bohrung von vorbestimmter Tiefe in das Erdreich (2) eingebracht wird und über das Meßrohr (1) das Bodengas aus dieser Tiefe ständig abgesaugt, der Meßstelle zum Messen von Radon zugeführt wird und dort der Radongehalt im Bodengas kontinuierlich gemessen und erfaßt wird, wobei gleichzeitig der durch die Saugpumpe (11) erzeugte Unterdruck stufenlos geregelt und dabei auf vorbestimmte Werte eingestellt wird, wobei der Unterdruck sowie der sich dabei einstellende Volumenstrom des Bodengases getrennt gemessen und in einer Kennlinie erfaßt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Unterdrucks der Saugpumpe (11) in Abhängigkeit von folgenden Faktoren

- Eintrittsbedingungen aus dem Erdreich in das Gebäude
- Kräfte, die das Radon in das Gebäude her-

einbringen,
— Einflußgrößen des Gebäudes durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Unterdrucks der Saugpumpe (11) in einem Bereich von 1–20 Pascal durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Radongehalt in dem Bodengas gleichzeitig durch Verlaufsmessungen mit an sich bekannten Radonmonitoren (6) sowie durch Passiveßgeräte, wie Elektretdetektoren (5), für entsprechende Zeitabschnitte bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Radon-Thoron-Verhältnis zur Ermittlung der Radonquelle bestimmt wird.

6. Verfahren und Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch Umkehrung der Fließrichtung über die Pumpe (11) Außenluft über das Meßrohr (1) in das zu untersuchende Erdreich (2) zur Bestimmung des Luftflusses in Abhängigkeit von dem Druck der Pumpe (11) in diesem gedrückt wird.

7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßrohr (1) über eine Meßleitung (3), welche als eine Saugleitung ausgebildet ist, mit einer stufenlos regelbaren Saugpumpe (11) verbunden ist und die Saugpumpe (11) über ein Druckmeßgerät (9) einstellbar ist sowie dieser ein Luftstrommeßgerät (10) vorgeschaltet ist, wobei zwischen dem Meßrohr (1) und der Saugpumpe (11) die Meßstelle zum Messen von Radon angeordnet ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstelle zum Messen von Radon aus einem Passivgerät zur Erzielung integrierender Meßwerte für entsprechende Zeitabschnitte, einem Radonmonitor (6), dem ein Puffer (7) vorschaltbar ist, für Verlaufsmessungen sowie einem Puffer (8) zur Ermittlung des Radon-Thoron-Verhältnisses besteht.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Passiveßgerät als ein in einer Kammer (29) angeordneter Elektretdetektor (5) ausgebildet ist, wobei die Kammer (29) innerhalb der Meßleitung (3) angeordnet ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßleitung (3) als eine weitgehend radondichte Schlauchleitung ausgebildet ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Meßleitung (3) vor der Meßstelle zum Messen von Radon eine Feuchtigkeitsfalle (4) angeordnet ist.

12. Meßrohr nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßrohr (1) einen Rohrmantel (25) aufweist, der horizontal zu einem entlang seiner Längsachse sich erstreckenden Stab (14) angeordnet ist, wobei zwischen dem Rohrmantel (25) und dem Stab (14) ein ringförmiger Hohlraum (16) ausgebildet ist und der Rohrmantel (25) an seinem oberen Ende mit einem luftdichten Abschluß (19) versehen und an seinem unteren Ende offen ist, wobei der Stab (14) durch den oberen Abschluß (19) abdichtend geführt und an seinem unteren Ende ein Verschlüsselement für das untere offene Ende des Rohrmantels (25) aufweist und der Rohrmantel (25) sowie der Stab (14) in Längsrichtung gegeneinander verschiebbar sind, wobei zwischen dem unteren Ende des Rohrmantels (25) und dem

Verschlüsselement des Stabes (14) eine Öffnung (17) ausbildbar ist, während im oberen Bereich des Rohrmantels (25) ein Anschluß (21) für eine Meßleitung (3) vorgesehen ist.

13. Meßrohr nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verschlüsselement am unteren Ende des Stabes (14) als eine Spitze (15) ausgebildet ist.

14. Meßrohr nach Anspruch 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Stab (14) und der Rohrmantel (25) durch eine Klemmvorrichtung (20) in ihrer Lage zueinander fixierbar sind.

15. Meßrohr nach Anspruch 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das obere Ende des Stabes (14) als ein Kopfteil (18) ausgebildet ist, welches das Verschieben des Stabes (14) relativ zum Rohrmantel (25) in Längsrichtung begrenzt.

16. Meßrohr nach Anspruch 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in dem ringförmigen Hohlraum (16) des Meßrohres (1) ein Temperaturfühler (22) angeordnet ist, der mit einem Temperaturmeßgerät außerhalb des Meßrohres (1) verbunden ist.

17. Meßrohr nach Anspruch 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß an der Außenfläche des Rohrmantels (25) Abdichtungen gegenüber einem Bohrloch, in dem das Meßrohr (1) eingesetzt ist, angeordnet sind.

18. Meßrohr nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdichtung als im unteren Bereich des Rohrmantels (25) angeordnete, verdrehbare exzentrische Halbscheiben ausgebildet sind.

19. Meßrohr nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrmantel (25) sowie der Stab (14) aus mehreren in Längsrichtung zusammensetzbaren Teilen bestehen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

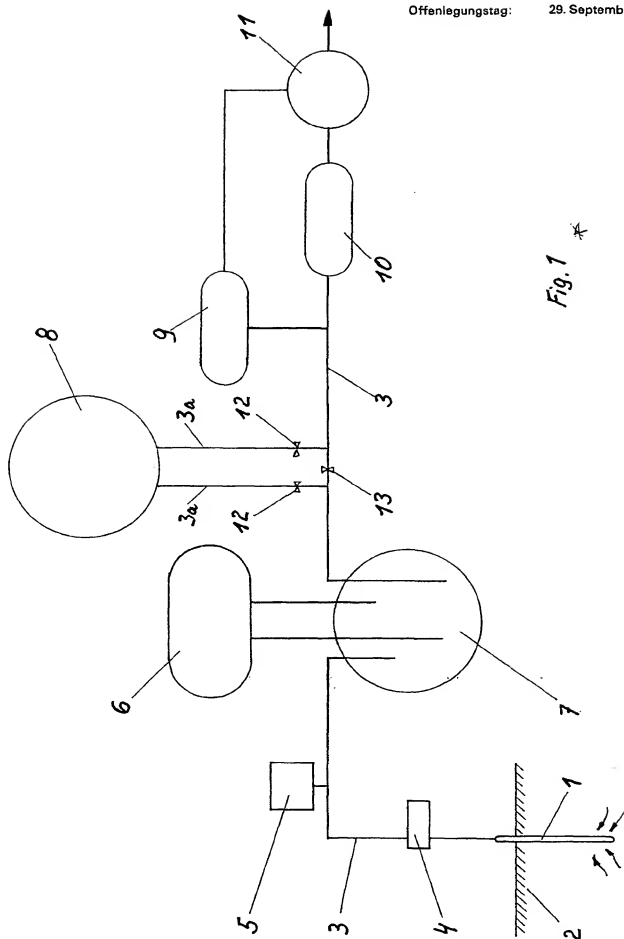


Fig. 1

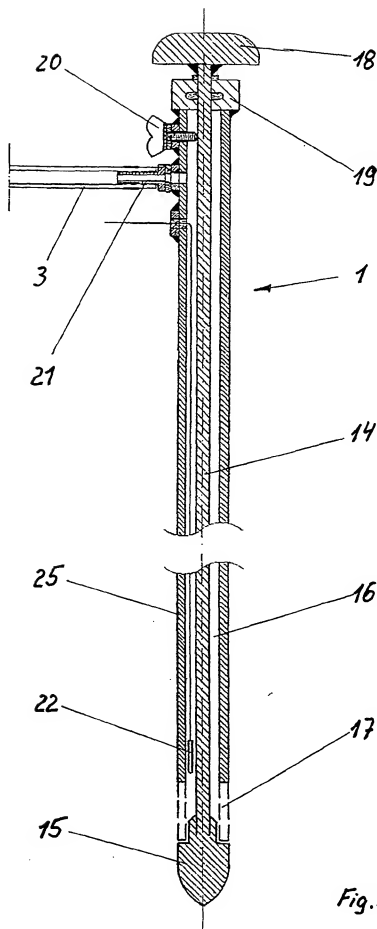


Fig. 2

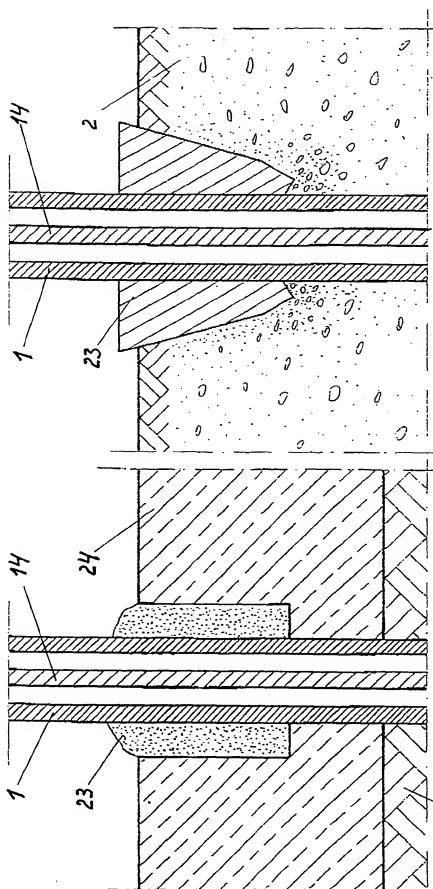


Fig. 4

Fig. 3

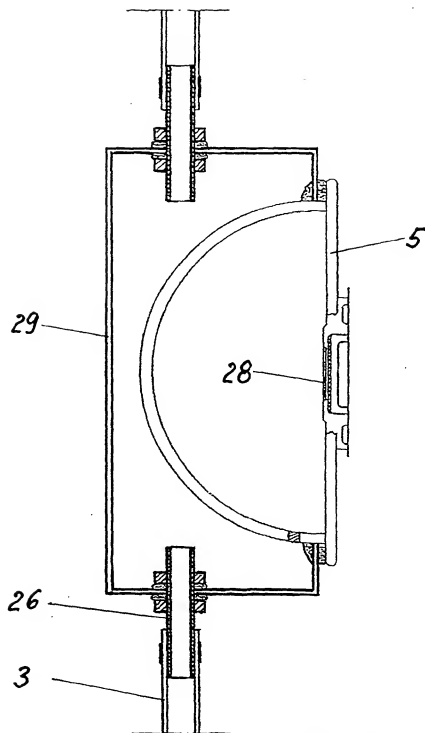


Fig. 5